

УДК 629.735.05:621.396.962(045)

В.М. Шутко , д. т. н, професор,
В.В. Конін , д. т. н, професор,
А.О.Юрчук , аспірант
Національного авіаційного
університету, м. Київ

ПОБУДОВА ХАРАКТЕРИСТИК ВИЯВЛЕННЯ СУПУТНИКОВОГО СИГНАЛУ З НАЯВНІСТЮ ЕФЕКТУ БАГАТОПРОМЕНЕВОСТІ

Розглядається питання про необхідні умови вірного виявлення сигналів. Проаналізовано вплив ефекту багатопроменевості на виявлення сигналу. Побудовані характеристики виявлення супутникового сигналу з наявністю ефекту багатопроменевості.

Рассматривается вопрос о необходимых условиях правильного обнаружения сигналов. Проанализировано влияние эффекта многолучевости на обнаружение сигнала. Построены характеристики обнаружения спутникового сигнала с наличием эффекта многолучевости.

The necessary conditions for correct signal detection are being considered. The analysis of multipath effect impact on signal detection has been performed. The characteristics of satellite signal detection with multipath effect have been built.

Вступ. Супутникові навігаційні системи нині широко використовуються для вирішення різних технічних завдань, тим або іншим чином пов'язаних з питаннями визначення положення у просторі та часі. Здешевлення виробництва приймачів і відсутність абонентської плати істотно розширює поле їх застосування - навігаційний приймач можна зустріти і на балістичній ракеті, і на нашійнику домашнього вихованця. Збільшення кількості додатків привело і до зміни їх якості: можливості сучасної навігаційної апаратури давно перевершили ті, що закладаються розробниками систем очікування, як за характеристиками, так і по функціоналу.

В якості супутникових радіонавігаційних систем (СРНС) передбачаються сучасні середньорбітальні системи - GPS, ГЛОНАСС, Galileo і т. д., але результати застосовані в них можуть використовуватись і в інших системах з схожими структурами сигналів і розташуванням їх джерел.

Аналіз досліджень і публікацій. Одна з існуючих задач – підвищення точності навігаційних визначень, одна з існуючих проблем на цьому шляху – багатопроменеве поширення сигналів. Питання впливу багатопроменевості детально розглянуті в зарубіжних джерелах, але, в основному, стосовно радіозв'язку, позиціонування в приміщеннях і СРНС [1, 2]. У вітчизняній літературі ця проблема не отримала відображення на належному рівні.

Постановка завдання. Проблема прийому радіосигналів в умовах багатопроменевості типова для більшості наземних систем радіозв'язку. На вхід приймача потрапляє не тільки прямий промінь радіосигналу, але й промені з затримками, що прийшли з інших напрямків за рахунок віддзеркалень від оточуючих радіотрасу об'єктів, дерев, людей, будівель і змін напряму розповсюдження в атмосфері. В результаті на вході приймача відбувається складання променів, що мають різні затримки, амплітуди, фази.

Важливу роль у вирішенні завдань сучасних супутникових радіонавігаційних систем відіграють питання виявлення сигналів та характеристики виявлення [3, 4]. Виявленням називається процес прийняття рішення щодо наявності сигналу з допустимою ймовірністю помилкового рішення. Рішення виявлення є істинними у випадку:

1) правильне виявлення, коли за наявності сигналу приймається рішення про його наявність (ймовірність називається ймовірністю правильного виявлення; її зазвичай позначають літерою D);

2) правильне невиявлення, коли за відсутності сигналу приймається рішення про його відсутність (ймовірність називається ймовірністю правильного невиявлення, її позначають різницею $1-F$).

Основними якісними показниками радіолокаційного виявлення є умовні ймовірності правильного виявлення та хибної тривоги. Як і б завдання і цілі не стояли перед СРНС чи будь-яким іншим пристроєм що використовує принцип радіолокації, у всіх випадках бажано мінімізувати прийняття помилкового рішення, важливою при цьому є ймовірність правильного виявлення сигналу. В реальній обстановці поряд с корисним сигналом наявні шуми, а також в багатьох випадках присутні завади в самій частоті сигналу. З радіолокації відомий метод виявлення сигналу, який задовольняє критерій оптимальності.

Згідно цього критерію раціонально використовувати вимогу максимуму ймовірності правильного виявлення сигналу при фіксованій ймовірності хибного виявлення. Цей критерій оптимальності має назву Неймана-Пірсона.

Побудова характеристик виявлення сигналу. Характеристики виявлення сигналу є важливим напрямком у сфері радіолокації та навігації, де ставиться питання точного та гарантованого виявлення сигналу (наприклад, радіонавігаційного сигналу). Тому побудуємо характеристики

виявлення сигналу шляхом комп'ютерного моделювання без наявності ефекту багатопроменевості, та з наявністю різної кількості (від 1 до 4) перевідображених сигналів.

Для визначення ймовірності правильного виявлення сигналу та побудови характеристик виявлення потрібно задати фіксоване значення ймовірності хибної тривоги $F_{\text{хт}}$. Прийнемо значення $F_{\text{хт}} = 10^{-3}$. Тобто програмно підбираємо число, щоб виконувалась умова наявності як мінімум 30 виявлень з 30000. Вичислюємо поріг, тобто таке значення вище якого сигнал є, а менше якого – немає.

Програмно підбираємо значення порогу, яке дорівнює 4000, що задовольняє $F_{\text{хт}} = 10^{-3}$.

Після цього складаємо програму для побудови характеристик виявлення. Характеристикою буде залежність ймовірності правильного виявлення сигналу від амплітуди корисного сигналу. Підставляючи різні значення амплітуди сигналу A , отримуємо значення ймовірності правильного виявлення $D_{\text{пв}}$, підраховуючи скільки разів сигнал був виявлений V , при заданій кількості вимірювань q :

$$D_{\text{пв}} = \frac{V}{q}$$

Після цього будуємо характеристики виявлення. Характеристикою буде графічна залежність масивів ймовірності вірного виявлення сигналу від амплітуди корисного сигналу. Отримуємо масив значень:

Амплітуда корисного сигналу:

$A=[0.1; 0.3; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 0.92; 0.94; 0.96; 0.98; 0.995; 1; 1.2; 1.4; 1.6; 1.8; 2; 2.5]$;

Ймовірності вірного виявлення для сигналу без наявності ефекту багатопроменевості (ідеальний випадок):

$D1=[0.001; 0.001; 0; 0; 0; 0; 0.016; 0.049; 0.157; 0.322; 0.597; 0.744; 0.806; 1; 1; 1; 1; 1]$;

Ймовірності вірного виявлення для двопробеневого сигналу:

$D2=[0.001; 0.001; 0; 0; 0; 0; 0.003; 0.005; 0.007; 0.008; 0.025; 0.026; 0.032; 0.699; 1; 1; 1; 1; 1]$;

Ймовірності вірного виявлення для трьохпробеневого сигналу:

$D3=[0.001; 0.001; 0; 0; 0; 0; 0.009; 0.009; 0.01; 0.01; 0.012; 0.014; 0.014; 0.21; 0.814; 0.996; 1; 1; 1]$;

Ймовірності вірного виявлення для чотирьохпробеневого сигналу:

$D4=[0.003; 0.002; 0.001; 0.001; 0; 0.002; 0.016; 0.018; 0.014; 0.009; 0.013; 0.015; 0.015; 0.098; 0.266; 0.651; 0.95; 0.998; 1]$;

Ймовірності вірного виявлення для п'ятипробеневого сигналу:

$D5=[0.004; 0.003; 0.002; 0.002; 0.001; 0.003; 0.015; 0.016; 0.012; 0.008; 0.014; 0.015; 0.02; 0.055; 0.12; 0.288; 0.54; 0.737; 0.998]$;

Побудуємо графіки:

plot(A,D,'g', A, D2,'m', A, D3,'c', A, D4,'r', A, D5,'b')

Отримаємо такі характеристики виявлення сигналів:

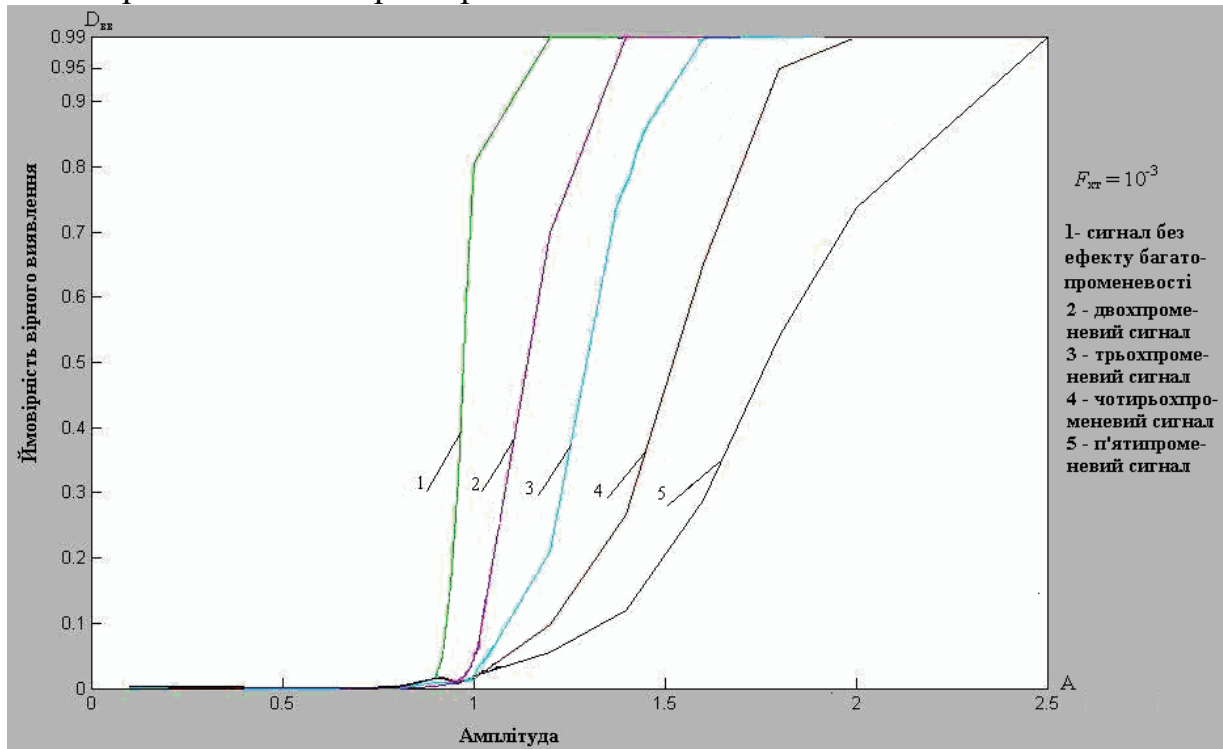


Рис. 1. Характеристики виявлення сигналу з наявністю ефекту багатопроменевості.

Висновки. Характеристики виявлення сигналу є важливим напрямком у сфері радіолокації та навігації, де ставиться питання точного та гарантованого виявлення сигналу (наприклад, радіонавігаційного сигналу). Тому в даному розділі побудовані характеристики виявлення сигналу шляхом комп'ютерного моделювання без наявності ефекту багатопроменевості, та з наявністю різної кількості (від 1 до 4) перевідображених сигналів. На яких можна помітити, що чим більший вплив ефекту багатопроменевості, тим більше характеристики виявлення рухаються праворуч, тобто тим самим зменшується співвідношення сигнал/шум і ймовірність виявлення сигналу.

Використані джерела інформації:

1. Weill L., Multipath Mitigation Using Modernized GPS Signals: How Good Can It Get, ION GNSS 2005, Long Beach, CA.
2. J.Barnes, C.Rizos, M.Kanli, A.Pahwa, A positioning technology for classically difficult GNSS environment from Locata, IEEE San Diego, 2005.
3. Білоцерковский Б.Г. Основы радиолокации и радиолокационные устройства. М., "Сов. радио", 1975, – 336 с.
4. Ширман Я.Д. Теоретические основы радиолокации. М., "Сов. радио", 1970. – 560с.